

Plat Beton Precetak Komposit Anyaman Bambu dengan Perkuatan Kawat Galvanis Menyilang untuk Rumah Sederhana

Yenny Nurchasanah^{1*}, Muhammad Ujjianto², Rizki Aji Pambayu³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil/Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

*e-mail: yenny.nurchasanah@ums.ac.id

Abstrak

Keywords:

Bambu ; Beton ;
Kawat Galvanis ;
Plat ; Precetak

Bambu menjadi alternatif terbaik dalam menggantikan baja tulangan karena kekuatannya selain nilai ekonomisnya. Telah dikembangkan inovasi pembuatan pelat beton precetak menggunakan tulangan anyaman bambu yang diperkuat kawat galvanis menyilang. Kawat galvanis dipilih sebagai perkuatan karena memiliki kuat lentur yang baik sehingga plat beton precetak akan menjadi lebih baik performanya. Kawat galvanis juga berfungsi memperbaiki sifat beton pasca retak. Bambu dibelah dalam bentuk mendekati persegi (posisi kulit di bawah) dengan ukuran tebal 0,8cm, lebar 2cm, panjang 50cm, dari jenis bambu Petung yang kering udara. Perencanaan campuran beton dengan aturan Standar Nasional Indonesia SNI 03-2834-1993. Dalam analisis data ditemukan penurunan nilai momen lentur plat beton precetak tulangan baja terhadap tulangan bambu pada f.a.s 0,5 sebesar 7,523%, tetapi terdapat kenaikan pada perbandingan antara plat tulangan bambu terhadap bambu dengan kawat galvanis sebesar 2,205%. Pada f.a.s 0,6 terdapat penurunan nilai momen lentur plat beton precetak tulangan baja terhadap tulangan bambu sebesar 4,343%, pada perbandingan antara plat tulangan bambu terhadap bambu dengan kawat galvanis terdapat kenaikan sebesar 1,832%. Hasil studi laboratorium ini masih mampu menunjukkan kelayakan dan keandalan menggunakan bambu sebagai material penguat dalam elemen struktural beton untuk hunian berbiaya rendah, selain memilih dan menyiapkan jenis bambu yang paling tepat yang ada disekitar kita untuk bisa digunakan sebagai alternative pada elemen beton.

1. PENDAHULUAN

Beton memiliki kekuatan tekan yang sangat baik tetapi kekuatan tariknya buruk, untuk menjaga tegangan tarik digunakan baja sebagai bahan penguat dalam beton. Produksi baja adalah bisnis yang sangat mahal sehingga penggunaannya dalam beton meningkatkan biaya konstruksi dengan berlipat. Produksi baja juga

menimbulkan sejumlah besar gas rumah kaca yang menyebabkan kerusakan lingkungan yang cukup besar. Pada sisi yang lain terdapat bambu, bambu merupakan sumber daya alam yang berbiaya murah dan dengan siklus pertumbuhan yang pendek. Volume produksi bambu setara dengan

mengonsumsi CO₂ di atmosfer selain juga mampu melepaskan O₂.

Bambu merupakan salah satu bahan tertua yang digunakan untuk pembangunan rumah dan struktur lainnya. Sebagai bahan bangunan yang sangat baik, harganya relatif murah, mudah dikerjakan dan tersedia di sebagian besar negara di mana bambu tumbuh. Pentingnya bambu sebagai bahan konstruksi, terutama untuk perumahan, telah mendapat perhatian lebih besar dalam beberapa tahun terakhir. Di Asia, rumah bambu tradisional dari kelompok berpenghasilan rendah menggunakan bambu untuk mendukung struktur. Bahkan ketika bahan lain digunakan, bambu masih menjadi bagian utama dari unit ini. Rumah bambu murah adalah alternatif yang murah dan aman untuk tempat berlindung daripada plastik, kayu, dan batu yang saat ini digunakan oleh banyak tunawisma. Kurangnya material untuk perumahan, terutama di negara-negara berkembang sehingga pertimbangan penggunaannya sangat diutamakan. Dari semua keunggulan teknologi perumahan bambu, yang paling penting adalah rendahnya pembiayaan yang tidak mengorbankan kualitas, kecukupan bahan serta daya tahan. Disisi lain dalam aplikasinya memungkinkan melakukan komposit seperti memasukkan bambu dalam mortar dan beton dan melakukan evaluasi terhadap penggunaan teknik dan rasio pencampuran yang berbeda untuk daerah dengan sumber daya alam yang langka. Studi lebih lanjut juga diperlukan untuk menemukan penggunaan bambu yang lebih efisien untuk menggunakannya di perumahan murah [1].

Dari sudut pandang struktural, bambu telah digunakan sebagai bahan struktural sejak jaman dahulu karena bambu memiliki kelenturan dan kekuatan tarik yang sangat baik serta rasio kekuatan dan berat yang tinggi. Bambu menunjukkan nilai kuat tekan yang tinggi (90,72MPa)

yang sebanding atau bahkan lebih tinggi dari baja dan beton. Kekuatan tekan bambu dengan ruas ditemukan lebih besar daripada bambu tanpa ruas, ini bisa terjadi karena adanya tambahan luas penampang dan lebih padat pada area sekitar ruas karena dinding lebih tebal di kedua sisi. Kekuatan tarik satu belat bambu 282MPa sebanding dengan kekuatan luluh baja struktural yaitu 250MPa. Karenanya belat bambu dapat menahan beban tarik yang cukup dalam elemen lentur beton [2].

Salah satu perannya dalam berkomposit dengan beton adalah plat beton bertulangan bambu, defleksi plat beton bertulangan baja sedikit lebih unggul dari plat beton bertulangan bambu pada saat pembebanan 40kN. Sehingga bambu sebagai bahan struktural dalam aplikasi beban minimal dapat dipergunakan [3].

Kawat galvanis adalah kawat besi yang dilapisi dengan lapisan galvanis akan lebih tahan terhadap korosi. Galvanis adalah metode mencegah karat pada logam dengan melapisi logam dengan bahan yang lebih tahan terhadap karat. Galvanis adalah *stainless steel* atau lapisan logam non korosif pada besi menggunakan 98% seng dan 2% aluminium.

Studi ini berfokus pada penyelidikan berbagai sifat fisik dan mekanik bambu dengan melakukan berbagai tes laboratorium untuk, memeriksa kelayakan dan keandalan menggunakan bambu sebagai bahan penguat dalam elemen struktural beton dari hunian berbiaya rendah, selain memilih dan menyiapkan jenis bambu yang paling tepat untuk digunakan pada elemen beton sebagai penguat.

2. METODE

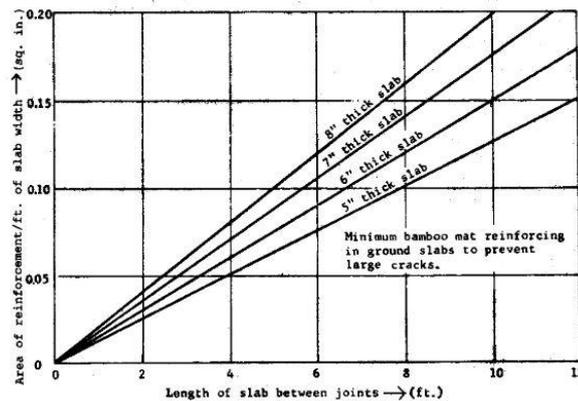
Desain beton bertulang bambu mirip dengan desain tulangan baja. Penulangan bambu dapat diasumsikan memiliki *mechanical properties* sebagai berikut :

Tabel 1. Propertis tulangan bambu [4]

Mechanical Property	Symbol	(psi)
Ultimate compressive strength		8,000
Allowable compressive stress	s	4,000
Ultimate tensile strength		18,000
Allowable tensile stress	s	4,000
Allowable bond stress	u	50
Modulus of elasticity	E	2.5x10 ⁶

Pengadaan bahan dan instrumen peralatan laboratorium dilakukan dan tersedia di Laboratorium Struktur Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Proses penelitian eksperimental laboratorium dimulai dari menentukan material penelitian, persiapan peralatan, pembuatan benda uji, menguji dan pengolahan data.



Gambar 1. Referensi Tebal Plat terhadap Jarak antar Tumpuan dan Luasan Tulangan Bambu [4].

Tahap I penyediaan bahan dan Tahap II pemeriksaan kelayakan bahan penelitian yaitu pemeriksaan semen dilakukan secara visual (pemeriksaan kehalusan butir), pemeriksaan agregat halus yang terdiri dari

pengujian kualitas pasir dan kandungan bahan organik, pengujian kuat tarik pada bambu, pengujian kuat tarik baja, pemeriksaan gradasi agregat kasar, dan pemeriksaan visual terhadap air.



Gambar 2. Bilah Bambu Petung

Bambu Petung dibelah dalam bentuk mendekati persegi (posisi kulit di bawah) dengan ukuran tebal 8mm, lebar 20mm, panjang 500mm, dari jenis bambu yang kering udara (Gambar 2). Bilah bambu umumnya lebih disukai daripada batang utuh sebagai penguat. Batang yang lebih besar harus dipecah menjadi selebar sekitar 20mm. Batang utuh berdiameter kurang dari 20mm dapat digunakan tanpa membelah. Bambu dipotong dan dibiarkan kering udara selama tiga hingga empat minggu sebelum digunakan. Panjang bambu harus memperhatikan jarak untuk mengurangi lengkungan.

Tahap III, merencanakan *mix design* bahan penyusun beton dengan metode

Standar Nasional Indonesia SNI 03-2834-1993, membuat benda uji penelitian (Gambar 1-2) dan merawat dengan direndam dalam air (Gambar 3).

Metode desain campuran yang digunakan untuk benda uji plat beton bertulang bambu sama dengan yang diterapkan dalam desain campuran untuk benda uji baja. Namun, nilai slump beton dibuat serendah mungkin sehingga memungkinkan meminimalkan air berlebih yang menyebabkan pembengkakan bambu, maka digunakan dua variable faktor air semen f.a.s 0,50 dan 0,60 untuk mengetahui pengaruh dari konten air yang digunakan.



Gambar 3. Perawatan Benda Uji

Tahap IV, pelaksanaan uji kuat tekan silinder beton dan uji kuat lentur plat beton setelah umur 28 hari dengan memberikan beban ke benda uji hingga hancur sekaligus pemeriksaan kecukupan data (Gambar 4).

Tahap V, analisis data dan menyajikan hasil penelitian dalam bentuk grafik, tabel dan menyimpulkan hasil penelitian.



Gambar 4. Uji Lentur

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Tarik Bilah Bambu dan Tulangan Baja

Anyaman bambu akan digunakan untuk menerima beban tarik pada area tarik elemen lentur, maka uji tarik dilakukan pada bambu. Data kuat tarik bambu di peroleh dari tiga specimen yang diuji di mesin uji tarik universal dan nilai kekuatan tarik ditunjukkan pada Tabel (3).

Data kuat tarik kawat galvanis dan tulangan baja Ø6mm juga di peroleh dari masing-masing tiga specimen yang diuji di mesin uji tarik universal dan nilai kekuatan tarik ditunjukkan pada Tabel (4-5).

3.2. Uji Lentur Plat Beton Pracetak

Data eksperimental momen akhir diambil setelah plat beton pracetak umur 28 hari dengan metode dan waktu perawatan yang sama untuk 3 variabel benda uji yaitu plat beton pracetak bertulangan baja, plat beton pracetak bertulangan anyaman bambu, dan plat beton pracetak bertulangan anyaman bambu dengan kawat galvanis menyilang masing-masing terdiri dari tiga benda uji.

Uji eksperimental diatur dan instrumentasi ditunjukkan pada Gambar (4), *setting* uji lentur dipilih untuk mempelajari sifat lentur plat beton dan plat

beton yang diperkuat dengan batang komposit bambu serta kawat galvanis. Menggunakan mesin uji tekan dengan kapasitas beban 300 kN. Lendutan di tengah diukur dengan pengukur perpindahan. Benda uji diuji sampai pecah.

Selama pengujian, retakan pertama ditandai segera setelah formasi dan perambatan terjadi pada permukaan luar dari plat. Dilakukan pengamatan terhadap rentang plat bagian bawah, menunjukkan pola retak dalam plat beton dan sampai dengan terlihatnya batang komposit bambu.

Data utama adalah komposit bambu dan kawat galvanis mampu memberi kontribusi pada plat beton pracetak (Tabel 2). Pada pengamatan yang lain menunjukkan bahwa dukungan komposit bambu terjadi kegagalan di rentang tengah plat menunjukkan bahwa gaya tarik diambil oleh dukungan komposit bambu sebelum kegagalan matriks beton dan telah sesuai dengan hipotesis awal. Dengan demikian, beban maksimum yang dicatat selama pengujian adalah perkiraan kapasitas tarik sebenarnya dari dukungan bambu dan kawat galvanis dalam plat beton pracetak.

Tabel 2. Momen Lentur Plat

f.a.s	Jenis Tulangan	Momen Lentur (MPa)
0,5	baja	6,620
	anyaman bambu	6,122
	anyaman bambu dan galvanis menyilang	6,257
0,6	Baja	6,563
	anyaman bambu	6,278
	anyaman bambu dan galvanis menyilang	6,393

Dalam semua benda uji plat beton pracetak retakan terjadi pada *flexure*. Dua celah dihasilkan pada plat. Tabel (2) menyajikan bahwa ketahanan tertinggi terdapat pada plat dengan tulangan baja namun pada variable jenis tulangan yang lain tergambar ketahanan momen yang tidak jauh berbeda nilainya.

Pada Gambar (5) terdapat penurunan nilai momen lentur plat beton pracetak tulangan baja terhadap tulangan bambu pada f.a.s. 0,5 sebesar 7,523%, tetapi ada kenaikan pada perbandingan antara plat tulangan bambu terhadap bambu dengan kawat galvanis sebesar 2,205%. Pada f.a.s 0,6 terdapat penurunan nilai momen lentur plat beton pracetak tulangan baja terhadap tulangan bambu sebesar 4,343%, pada perbandingan antara plat tulangan bambu terhadap tulangan bambu dengan kawat galvanis terdapat kenaikan sebesar 1,832%.

Inspeksi visual dari sampel yang diuji tidak memperlihatkan tanda-tanda *debonding* antara bambu dan beton yang menunjukkan adanya ikatan antara

komposit dengan matriks beton. Tulangan komposit bambu dan kawat galvanis yang dikembangkan dan diuji menunjukkan kapasitas dukung beban yang efisien dan pengikatan yang baik bisa terlihat di semua benda uji, dari analisis tersebut menunjukkan kesetaraannya dibandingkan dengan desain pada plat konvensional.

Kuat tarik bambu yang bersinergi dengan kawat galvanis sebesar 344,292MPa dan 281, 274MPa (Tabel 3-4) telah mampu menggantikan kuat tarik baja Ø6mm setara 577,212MPa (Tabel 5) dengan performa lentur yang bisa mencapai 92,48% untuk plat beton pracetak dengan tulangan bambu, dan 94,52% untuk plat beton pracetak dengan tulangan bambu dengan perkuatan kawat galvanis pada f.a.s 0,5 , dan 95,66% untuk plat beton pracetak dengan tulangan bambu, dan 97,41% untuk plat beton pracetak dengan tulangan bambu dengan perkuatan kawat galvanis pada f.a.s 0,6 terhadap plat konvensional (Tabel 6).

Tabel 3. Kuat Tarik bambu

Bambu	B (mm)	h (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{putus} (MPa)	f _{y rata-rata} (MPa)	f _{maks, rata-rata} (MPa)
1				57000	23420	356,250	146,375		
2	8	20	160	55240	25908	345,250	161,925	344,292	154,010
3				53202	24597	331,375	153,731		

Tabel 4. Kuat Tarik kawat galvanis

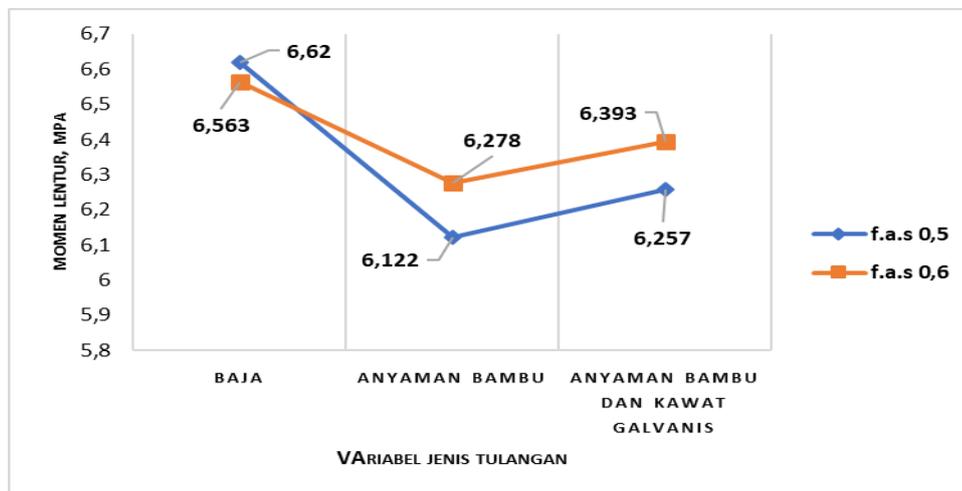
Kawat	Ø (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{putus} (N)	f _y (MPa)	f _{putus} (MPa)	f _{y rata-rata} (MPa)	f _{putus, rata-rata} (MPa)
1			280	302	229,280	246,217		
2	1,25	1,227	385	410	313,885	334,268	281,274	299,482
3			370	390	301,656	317,962		

Tabel 5. Kuat Tarik baja Ø6mm

Baja	Ø (mm)	A (mm ²)	P _{leleh} (N)	P _{maks} (N)	f _y (MPa)	f _{maks} (MPa)	f _y rata-rata (MPa)	f _{maks} , rata-rata (MPa)
1			17385	22562	615,180	798,372		
2	6	28,26	15701	20395	555,591	721,691	577,212	748,608
3			15850	20510	560,863	725,761		

Tabel 6. Perbandingan Hasil Teoritis terhadap Eksperimental

f.a.s.	Jenis tulangan	M _{teoritis} (MPa)	M _{eksperimen} (MPa)
	Tulangan baja	6,719	6,620
0,5	Tulangan bambu	6,624	6,122
	Tulangan bambu dan kawat galvanis	8,844	6,257
	Tulangan baja	6,904	6,563
0,6	Tulangan bambu	6,599	6,278
	Tulangan bambu dan kawat galvanis	8,431	6,393



Gambar 5. Perbandingan Variabel Jenis Tulangan terhadap Momen Lentur

Secara keseluruhan, hasil analisis eksperimental laboratorium menunjukkan data-data yang tidak berbeda jauh dari hasil analisis teoritis (Tabel 6), sehingga metode pelaksanaan eksperimental laboratorium disini bisa dinyatakan benar. Hanya pada komparasi hasil plat beton tulangan bambu dengan kawat galvanis terdapat selisih hingga 29,251% terhadap nilai eksperimen, sehingga perlu dipelajari lebih jauh dalam hal pemodelan komposit bambu dan tulangan galvanis, baik pada model teoritis maupun model eksperimennya.

4. KESIMPULAN

Bambu dapat menggantikan baja untuk rumah sederhana bagi kaum miskin yang tinggal dekat dengan daerah penanaman bambu.

Bambu komposit beton dalam struktural dapat memberikan solusi yang sesuai dengan semangat *eco-housing* yang berbiaya murah. Hasil yang diperoleh komposit bambu beton kawat galvanis menunjukkan keuntungan yang setara dengan beton bertulang konvensional. Namun, studi lebih lanjut diperlukan untuk mencapai sifat mekanik yang lebih tinggi

dan memahami perilaku komposit bambu-beton-kawat secara lebih dalam.

Fokus yang lain adalah penelitian kedepan bergeser ke pemeriksaan apakah tulangan bambu benar-benar berhasil menjadi lebih murah daripada tulangan baja mengingat biaya tenaga kerja, pemborosan, keterampilan yang dibutuhkan, dan kebutuhan pelatihan di tempat kerja untuk penggunaannya dalam jangka panjang.

REFERENSI

- [1] H. M. A. Mahzuz. Performance evaluation of bamboo with mortar and concrete. *J Eng Technol Res.* 2012;3(12):342–50.
- [2] Gupta AK, Ganguly R, Mehra AS. Bamboo as green alternative to steel for reinforced concrete elements of a low cost residential building. *Electron J Geotech Eng.* 2015;20(6):1523–45.
- [3] Maruthupandian G, Saravanan R, Kumar SS, Sivakumar BG. A study on bamboo reinforced concrete slabs. *J Chem Pharm Sci.* 2016;9(2):978–80.
- [4] Rush FEB and PJ. Bamboo Reinforced Concrete Construction [Internet]. U. S. Naval Civil Engineering Labaoratory Port Hueneme, California. 1966. Available from: <http://www.romanconcrete.com/docs/bamboo1966/BambooReinforcedConcreteFeb1966.htm>